

## **Análise da tenacidade à fratura em compósitos cerâmicos para aplicação como blindagem mecânica de satélites**

**NONO, D. A.<sup>1</sup>, MINEIRO, S. L.<sup>1</sup>; PIORINO NETO, F.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, SP, Brasil  
Aluno de Mestrado do curso de Engenharia e Gerenciamento de Sistemas Espaciais - CSE. (bolsista: CAPES)

<sup>2</sup> Instituto de Aeronáutica e Espaço - DCTA, São José dos Campos, SP, Brasil

daniel.nono@inpe.br

**Resumo.** *A tenacidade à fratura é um dos requisitos de propriedades mecânicas de materiais para uso em satélites. As cerâmicas de zircônia TZP (tetragonal zirconia polycrystals) tem sido investigadas para aplicações em blindagem balística.. Os compósitos de alumina - 18,5 % de zircônia 3Y-TZP nanoparticulada, obtidos a partir de pós defloculados, foram submetidos a testes por penetração Vickers e pelo método SEVNB (Single-Edge V-Notch Beam) para obtenção dos valores de tenacidade à fratura ( $K_{IC}$ ). Os valores de  $K_{IC}$  obtidos foram analisados em função da menor dispersão dos valores experimentais. A técnica SEVNB mostrou apresentar a melhor confiabilidade para aplicação espacial.*

**Palavras-chave:** *Alumina-zircônia TZP, tenacidade à fratura Vickers, SEVNB, blindagem mecânica*

### **1. Introdução**

A utilização de zircônia dopada com ítria em matriz de alumina aumenta tanto o limite de resistência à ruptura quanto a tenacidade destas cerâmicas pela transformação de grãos de zircônia tetragonal metaestável em grãos de zircônia monoclinica estável. O fenômeno é induzido pela presença de um campo de tensão mecânica na ponta da trinca, O aumento de volume dos grãos de zircônia e a conseqüente deformação cisalhante desenvolvida na reação martensítica associada à transformação tetragonal-monoclinica, são apontadas como as responsáveis pela oposição à abertura da trinca aumentando a resistência do material à propagação da trinca [WANG, 1999]. A quantidade ideal de zircônia estabilizada com ítria, cujos resultados indicaram a composição de 18,5 % (em peso) de zircônia 3Y-TZP, como aquela que apresentou os maiores valores de tenacidade à fratura [COUTO, 2010]. O método SEVNB (*Single-Edge V-Notch Beam*) para determinação de tenacidade à fratura ( $K_{IC,SEVNB}$ ), consiste na fratura por flexão de uma barra entalhada em “V”, submetida a uma tensão similar a aplicada em um teste de flexão em quatro pontos e é descrito na norma ISO 23146:2008. O método de determinação da tenacidade à fratura por penetração através de um penetrador do tipo Vickers, consiste em forçar a ponta do penetrador contra a superfície do material, imprimindo uma marca característica. A carga aplicada deverá ser suficiente para

provocar o surgimento de trincas paralelas às diagonais da marca impressa. A norma ASTM C 1421- 09 orienta a aplicação deste método.

## 2. Metodologia

Foram preparadas duas suspensões de partículas dos pós. A primeira contendo alumina submicrométrica dispersa em álcool etílico e defloculante PABA e a segunda contendo zircônia nanométrica também dispersa em álcool etílico e PABA. As suspensões foram misturadas e os pós secos através de secagem dinâmica. A mistura dos pós foi prensada uniaxialmente com pressão de 100 MPa e posteriormente prensada isostaticamente com 300 MPa. Os corpos prensados foram sinterizados em 1500 °C por 4 horas. A determinação dos valores de tenacidade foram executadas conforme as normas citadas acima.

## 3. Resultados e Discussão

Os valores de tenacidade à fratura obtidos pelos métodos de penetração Vickers e SEVNB são mostrados na Tabela.1. O método SEVNB, apresentou os maiores valores de  $K_{IC}$  e mostrou ser mais confiável do que o método de penetração Vickers, apresentando uma dispersão de resultados 3,7 vezes menor.

Tabela.1 – Média aritmética dos resultados experimentais obtidos.

Parâmetros	Penetração Vickers	SEVNB
Tenacidade à Fratura - $K_{IC}$ (MPa.m <sup>1/2</sup> )	10,85	8,02
Desvio Padrão (MPa.m <sup>1/2</sup> )	1,85	0,5

## 4. Conclusão

Apesar das limitações técnicas e experimentais o método SEVNB mostrou ser mais confiável para a determinação da tenacidade à fratura, pois os parâmetros utilizados nos cálculos, como profundidade do entalhe e força aplicada para o rompimento do corpo de provas são mais confiáveis. O método de indentação Vickers utiliza parâmetros pouco confiáveis, pois a localização da ponta da trinca é muito imprecisa.

## Referências

- WANG, J. STEVENS, R. Review zirconia-toughened alumina (ZTA) ceramics. J. Mater. Sci. 24 (1999) 3421-3440.
- COUTO. C. A. O, Estudo de blindagem mista contendo composto cerâmico para proteção contra impactos de micrometeoróides em satélites artificiais. Dissertação Mestrado. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE. Brazil, 2010, 141 p.
- ISO 23146:2008 Fine Ceramics (advanced ceramics, advanced technical ceramics) – Test methods for fracture toughness of monolithic ceramics - Single-edge V-notch beam (SEVNB) method. (2008). 21p.
- ASTM C 1421- 09, Standard test method for determination of fracture toughness of advanced ceramics at ambient temperature (2009) 32p.